

## مطالعات زمین لغزش و تثبیت زمین در محدوده شهرک طالقان

سید علیرضا آشفته<sup>1\*</sup>، احمد ادیب<sup>2</sup>

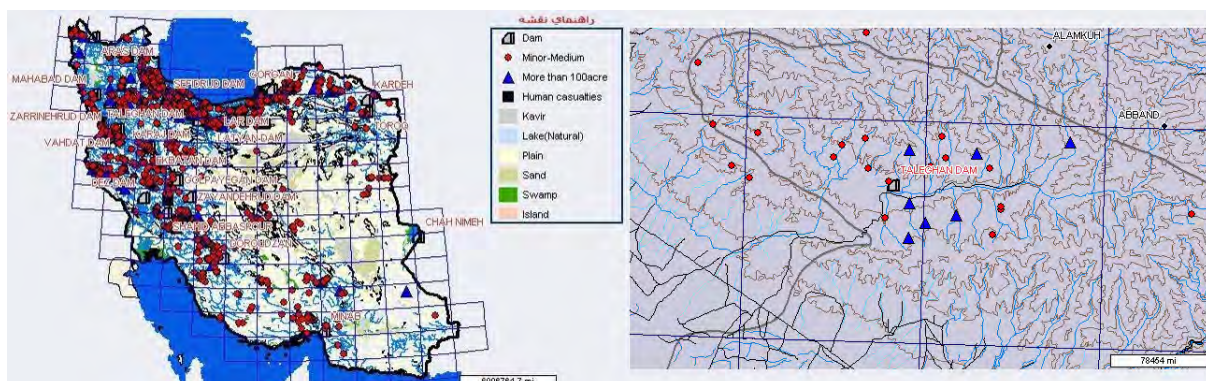
1- کارشناس ارشد مهندسی معدن (اکتشاف) دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب،  
St\_a\_ashofteh@azad.ac.ir

2- دکترای زمین شناسی (تکتونیک) دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب،  
adib@azad.ac.ir

### چکیده

زمین لغزش ها از جمله مشکلات دینامیکی و مخاطرات طبیعی زمین هستند که گهگاه خسارات فراوانی را به سازه ها و ساختمان ها وارد می کنند و باعث تلفات جانی و از بین رفتن منابع طبیعی می گردند. ایران به دلیل شرایط خاص زمین شناسی، توپوگرافی و آب و هوایی از کشورهای مهم لغزش خیز است. از این رو مطالعه زمین لغزش، نوع و علل وقوع آن برای مقابله و پیشگیری از خطرات احتمالی اهمیت فراوانی دارد. منطقه طالقان از جمله مناطقی است که به علت نوع لیتولوژی زمین، شیب های دامنه ای نسبتا تند، بارندگی و رطوبت فراوان مستعد زمین لغزش می باشد. شکل (1) نقشه زمین لغزش های ایران و بزرگنمایی منطقه طالقان را نشان می دهد. منطقه مورد مطالعه در 5 کیلومتری شهرک طالقان از توابع استان تهران قرار دارد. مختصات جغرافیایی منطقه بین 474 414 55° و 18 42 55° طول شرقی و 35 94 36° و 3 59 9° عرض شمالی می باشد. دسترسی به منطقه از طریق اتوبان تهران - قزوین که بعد از آبیگ شاخه فرعی به سمت شهرک طالقان به طول 55 کیلومتر جدا شده است، ممکن می شود. لغزش مورد مطالعه در 1 کیلومتری شرق زیدشت و 5 کیلومتری غرب شهرک طالقان قرار دارد و جاده زیاران - طالقان از میان آن عبور کرده است. در این محل جاده تحت تاثیر لغزش قرار گرفته است و به دلیل حرکت آرام توده لغزشی، جاده در طول سال تخریب می شود و نیازمند تعمیر می گردد. در شکل (2) موقعیت قرار گرفتن محدوده مورد نظر و در شکل (3) نقشه راههای دسترسی به منطقه دیده می شود.

واژه های کلیدی: زمین لغزش، طالقان، بهسازی زمین، تکتونیک

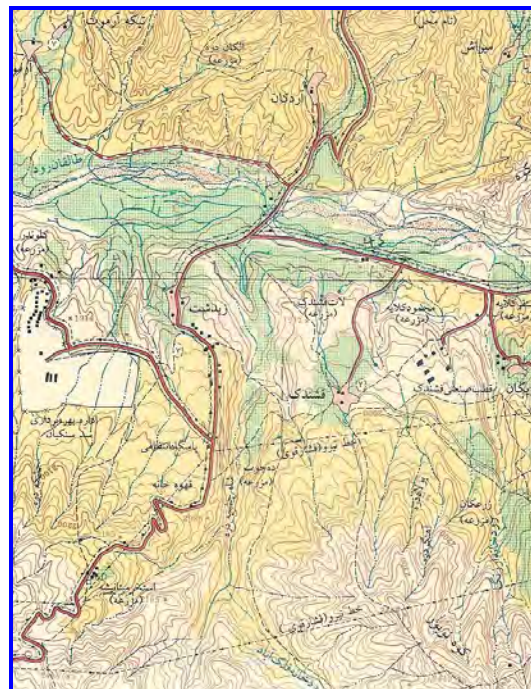




## شکل 1: نقشه زمین لغزش ایران با بزرگنمایی منطقه طالقان

### 1- مقدمه

زمین لغزش اصطلاحی است که در برگیرنده کلیه انواع حرکات دامنه ای بوده و عموماً به کلیه رویداد هایی گفته می شود که در اثر ناپایداری در دامنه ها اتفاق افتاده و کلیه فرآیند هایی است که منجر به حرکت توده ای از مواد شامل سنگ، خاک، یا ترکیبی از آنها به سمت پایین دامنه می شود. فرآیند های فوق سبب حرکت مواد به صورت لغزش، واژگونی، جریان، ریزش، خزش و گسترش جانبی می شوند. گاهی این حرکات چنان سریع هستند که سرعت آنها به ده ها کیلومتر در ساعت می رسد و گاهی چنان آهسته هستند که جز با گذشت زمان و از روی شواهد نشان دهنده حرکت، نمی توان به وجود حرکت پی برد. (Varnes-1978) نوعی طبقه بندی را ارائه نمود که در عین سادگی، بر اساس ویژگی هایی استوار بود که پس از رویداد یک زمین لغزش نیز حفظ و با گذشت زمان کمتر دستخوش تغییر می شد. این طبقه بندی جدید قادر به دسته بندی زمین لغزش های قدیمی تر نیز بود. این طبقه بندی بر دو مبنا استوار است: 1- نوع حرکت مواد 2- نوع مواد درگیر در حرکت. این طبقه بندی تا کنون به عنوان ساده ترین و رایج ترین نوع دسته بندی زمین لغزش ها به کار رفته است. زمین لغزش ها از عواملی هستند که شیب و مورفولوژی زمین را تغییر می دهند. جنس مصالح روی زمین بسیار تاثیرگذار بوده و زمین لغزش در مصالح مستعد لغزش اتفاق می افتد. جریان آب در داخل آبراهه با پاشنه شویی در کناره های بستر باعث تغییر شیب و همچنین با انجام تغییرات وزنی در جناحین باعث ازدیاد سرعت زمین لغزش ها می شود. مشخصات اصلی یک زمین لغزش، شامل تاریخچه لغزش، مصالح درگیر لغزش، مکانیسم یا نوع لغزش، عوامل ایجاد لغزش، هندسه ابعاد و اجزای زمین لغزش است. زمین لغزش مورد مطالعه از چندین سال پیش شروع به فعالیت و حرکت کرده است اما به دلیل سرعت کم حرکت نامحسوس بوده است. پس از آبگیری سد طالقان و قرار گرفتن بخشی از جاده ارتباطی زیاران - شهرک طالقان، زیر آب تراز ارتفاعی جاده تغییر داده شده است و مسیر جدید جاده از داخل توده زمین لغزش مورد مطالعه عبور کرده است. تغییرات ایجاد شده در وضعیت محدوده باعث زیاد شدن سرعت لغزش های فرعی روی توده شده است و ترک های کششی زیادی روی توده به وجود آورده است. هدف اولیه از انجام این مطالعات جمع آوری اطلاعات لازم برای تعیین عوامل موثر در حرکت و ارزیابی نقش آنها در وقوع لغزش و تحلیل شرایط پایداری می باشد. هدف نهایی نیز ارائه طرح تثبیت مناسب بر مبنای نتایج تحلیل های انجام شده از نظر کارایی و میزان اثر بخشی، هزینه اجرا، صعوبت عملیات و غیره می باشد.



شکل 2: موقعیت زمین لغزش مورد مطالعه روی نقشه توپوگرافی با مقیاس 105111



شکل 3: نقشه راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه به مقیاس 10111111

## 2- مشخصات عمومی, ابعاد و طبقه بندی زمین لغزش

2-1- مشخصات عمومی زمین لغزش به صورت زیر است:

طول حداکثر: 328 متر

عرض حداکثر: 248 متر

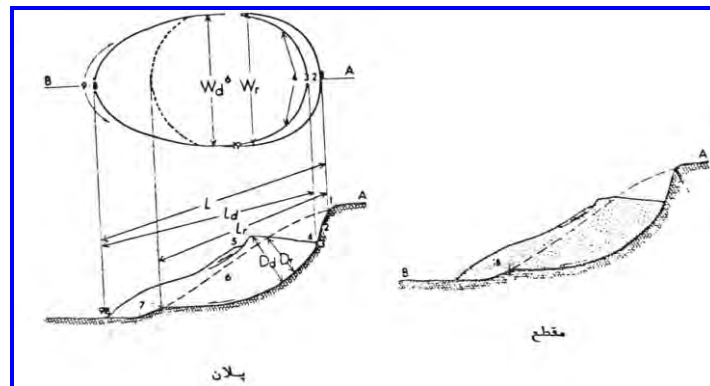
مساحت: 4/5 هکتار

اختلاف ارتفاع تاج و پنجه لغزش: 55 متر

نوع زمین لغزش: خاکی

ساز و کار لغزش: مرکب ترکیبی از چرخشی و انتقالی

زمان شروع لغزش (لغزش اولیه) معلوم نیست اما شروع تشدید آن و سرعت گرفتن حرکت لغزش های فرعی از 6 سال پیش می باشد.



شکل 4: ابعاد و اجزای یک زمین لغزش تیپیک (تاج، پرتگاه اصلی، قله، پرتگاه فرعی، تنه اصلی، پاشنه، نوک و پنجه)

2-2- ابعاد زمین لغزش مورد مطالعه به شرح زیر است:  
طول لغزش ( $L_r$ ): حداکثر فاصله تاج تا پای لغزش: 355 متر  
طول توده جابجا شده ( $L_d$ ): فاصله مصالحی که بر اثر اسکارپ لغزشی از مصالح تاج جدا شده اند تا دورترین فاصله ای که مصالح حرکت کرده اند: 322 متر

طول کل ( $L$ ): فاصله از نوک توده لغزشی تا تاج لغزش: 339 متر  
عرض سطح گسیختگی ( $W_r$ ): حداکثر عرض بین پهلوهای زمین لغزش عمود بر طول سطح گسیختگی ( $L_r$ ): 155 متر  
عرض توده جابجا شده ( $W_d$ ): حداکثر پهناي توده جابجا شده عمود بر طول  $L_d$ : 255 متر

عمق سطح گسیختگی ( $D_r$ ): حداکثر عمق سطح گسیختگی در زیر سطح اولیه زمین است که عمود بر سطح اولیه زمین اندازه گیری می شود: 25 متر  
مساحت توده جابجا شده ( $D_d$ ): حداکثر عمق توده خاک که عمود بر سطح توده خاک جابجا شده است. در توده اصلی لغزش در محدوده مورد بررسی، عمق توده جابجا شده مشابه عمق گسیختگی است و جابجایی توده با افزایش ضخامت همراه نبوده است: 44546 متر مربع

2-3- بر اساس مکانیسم حرکت توده لغزشی، زمین لغزش ها را به انواع مختلفی طبقه بندی می کنند که مهم ترین آنها به شرح زیر است:

لغزش های چرخشی (Rotational Slides)

لغزش های انتقالی (Transitional Slides)

لغزش های مرکب یا پیچیده (Complex Slides)



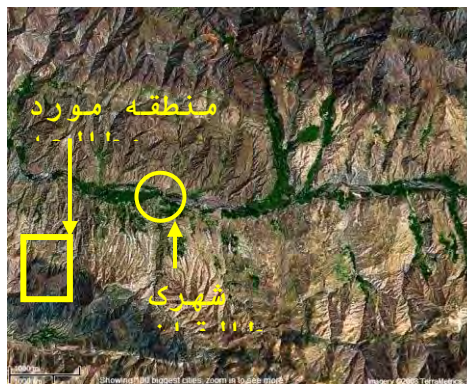
شکل 5: تغییر شیب دامنه توسط توده های فرعی لغزشی- پاشنه شویی مصالح پنجه دامنه و حرکت مصالح بالاتر جهت ایجاد تعادل توسط جریان آب (از راست به چپ)

در توده لغزشی مورد مطالعه لغزش های فرعی متعددی صورت گرفته است. با توجه به خصوصیات لغزش های فرعی، مصالح درگیر، عمق لغزش و موارد دیگر از نوع لغزش های چرخشی هستند. تاج این لغزش ها مشخص است و وسعت آنها کم می باشد. این لغزش ها باعث کاهش شیب در دامنه شده اند اما پاشنه آنها کاملاً مشخص نیست. در توده لغزشی اصلی مصالح ریزدانه درگیر هستند و عمق لغزش نسبتاً زیاد است. با عملکرد این لغزش شیب دامنه کاهش یافته است و به نظر می رسد گسیختگی در چند سطح نیم دایره ای به وجود آمده است و کل توده حرکتی به سمت پایین دارد. با توجه به مشخصات ذکر شده می توان توده لغزشی را در رده لغزش های مرکب قرار داد.

### 3- زمین شناسی عمومی منطقه مورد مطالعه

بر اساس فعالیت های تکتونیکی، تحولات حوضه های رسوبی، سن واحد های مختلف و نیز فعالیت های ماگمایی و دگرگونی صفحه ایران، پهنه های متفاوتی تعریف و توصیف شده است. بر اساس تقسیم بندی نبوی - 1355، منطقه مورد مطالعه در زون البرز - آذربایجان واقع شده است. این زون حوادث زیادی را پشت سر گذاشته که آثار آن از پرکامبرین تا به امروز قابل مشاهده است. پدیده تکتونیکی مهمی در اوائل دونین سبب تشکیل گسل شمال تبریز و تقسیم بسیار مشخص رخساره ها در آذربایجان شده است. این پدیده تکتونیکی مهم، آذربایجان را به دو بلوک تقسیم می کند که بلوک واقع در شمال شرق در دونین آغازین در حال فرونشست بوده است (افتخارنژاد - 1975). در طی تریاس فوقانی و قبل از رسین، حرکات تکتونیکی مهم باعث تشکیل گسل زربینه رود و تقسیم صفحه پالئوزوئیک به دو بخش جداگانه شده است. فاز تکتونیکی آلیپ باعث یک دگرشیبی زاویه ای در قاعده سکانس آهکی کرتاسه (کرتاسه آغازی) شده است. فعالیت های آتشفشانی مهم طی ائوسن به ظهور رسیده است. پس از بالا زدگی ناشی از چین خوردگی الیگوسن آغازی، رسوبات دریایی قم و سازند های قرمز تحتانی و فوقانی در بخش های مرکزی و شمال شرقی و غربی آذربایجان رسوب کرده اند. رسوبات پلیوسن به طور دگرشیب بر روی سازند قرمز فوقانی ته نشین شده است. از دیدگاه ساختار ناحیه ای، تلفیقی از تنش های تکتونیکی زون های البرز و زاگرس و قفقاز روی منطقه تاثیر داشته است. آخرین و جوان ترین فعالیت های منطقه به طور اعم به پلوتونیسیم و ولکانیسیم و جابجایی های تکتونیکی محدود خلاصه می شود. به نظر می رسد که فعالیت های تکتونیکی عمده ای در قشر سطحی پوسته زمین بعد از فعالیت های آتشفشانی پلیوسن انجام نگرفته است. منطقه از نظر زمین ریخت شناسی منطقه در گروه مناطق کوهستانی قرار می گیرد. در واقع این منطقه به صورت دره ای مابین کوه های مرتفع طالقان به ارتفاع 4589 متر در شمال شرق، علم کوه با ارتفاع 4855 متر در شمال غرب و قله ناز با ارتفاع 4158 متر در جنوب غربی آن قرار دارد که عرض دره به سوی جنوب شرقی بیشتر می شود. رودخانه طالقان به عنوان عنصر تاثیرگذار در زمین ریخت شناسی منطقه با جهت تقریباً شرقی - غربی جریان یافته و در ادامه به سمت شمال غربی تغییر جهت می دهد. سد طالقان با قرار گرفتن در 15 کیلومتری غرب طالقان در پایین دست

رودخانه طالقان و تشکیل دریاچه بزرگی در پشت سد، باعث تغییراتی در زمین ریخت‌شناسی منطقه گردیده است. رود طالقان و حوضه آبریز آن در داخل مناطق کوهستانی به صورت فروافتادگی‌های سرسبز دیده می‌شوند که به وسیله ارتفاعات اطراف از جمله کوه علم کوه و طالقان محصور شده‌اند. دره این آبراهه در محل مورد نظر V شکل می‌باشد و محدوده مورد بررسی با مساحت 552237 متر مربع و محیط 3696 متر در قسمتی از مسیر این آبراهه که جاده زیاران - طالقان از آن عبور کرده است، قرار می‌گیرد. بیشترین تراز ارتفاع از سطح دریا در این ناحیه از آبراهه 1965 متر می‌باشد که در منتهی الیه جنوب غربی محدوده واقع شده و کمترین تراز ارتفاعی آن 1796 متر و در منتهی الیه شمالی محدوده دیده می‌شود. شکل (6) نمای ماهواره‌ای از مورفولوژی منطقه را نشان می‌دهد.



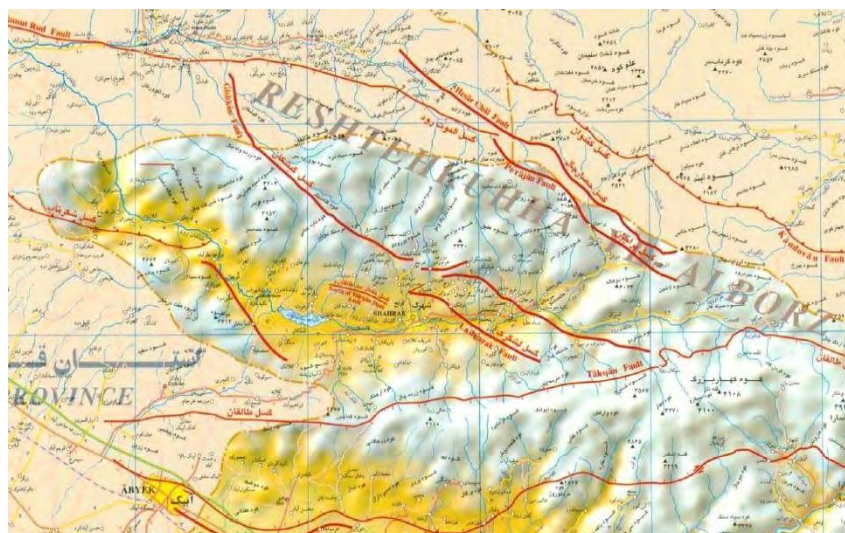
شکل 6: مورفولوژی منطقه به همراه عکس ماهواره‌ای از گستره مورد مطالعه

شیب دامنه‌های جناح چپ و راست آبراهه در داخل محدوده متغییر بوده و به طور کلی شیب تندی را دارا می‌باشد. شیب دامنه‌ها در نزدیکی بستر رودخانه زیاد بوده و بین 35 تا 55 درجه تغییر می‌کند و در قسمت‌هایی از آن که به وسیله آب شسته شده است به 65 درجه نیز می‌رسد. در بخش‌های میانی دامنه جناحین که احداث جاده نیز تاثیر گذار بوده است، شیب زمین کم و در حدود صفر تا 15 درجه است. در قسمت‌های بالایی جناحین و تا رسیدن به بالای تپه شیب تند است و در اکثر این نقاط شیب 45 درجه حاکم است. مورفولوژی منطقه متاثر از لیتولوژی آن بوده است. سنگ‌های کنگلومرا در مقایسه با گلسنگ‌ها و ماسه‌سنگ‌ها مقاومت بیشتری در برابر عوامل فرسایشی از خود نشان می‌دهند و شیب‌های تند محدوده را تشکیل داده‌اند. گلسنگ‌ها و ماسه‌سنگ‌ها به راحتی تخریب شده و رسوبات سست روی دامنه‌ها را تشکیل داده‌اند و این رسوبات شیب‌های ملایم تری را به وجود آورده‌اند. تغییر شیب از تراز تغییر لیتولوژی محسوس است و شیب در

ترازهایی که سنگ های کنگلومرا برونزد دارند زیاد است و با تغییر لیتولوژی به ماسه سنگ و گل‌سنگ شیب کمتر می شود.

#### 4- زمین شناسی ساختمانی (تکتونیک) محدوده مورد بررسی

در تاریخچه ارتفاعات منطقه ساختارهای با روند شرقی - غربی به خصوص در جنوب رود طالقان و شمال رود الموت از زمان پرکامبرین پسین غلبه داشته اند. این برتری به دلیل نبود یا ضخامت کم رسوبات و پوشش ارتفاعات بوده است. این مسئله به خوبی در سنگ های پرکامبرین پسین و پالئوزوئیک طالقان مخصوصا شمال ولیان دیده می شود. برای مثال در شمال آبیک، تغییر شکل همراه با گسل خوردگی و برش یافتگی زیرین، دیده می شود. چین خوردگی های فرعی در طول ژوراسیک و کرتاسه به وسیله یک تناوب چین خوردگی قوی و فرسایش شدید پیشین تا انباشتگی سنگ های پالئوژن دنبال شد. کم ضخامت بودن رسوبات پالئوژن در شمال منطقه شاهدی بر ادامه یافتن برتری رسوب سازی پی سنگ مرتفع می باشد. به دنبال پیچ و تاب های شرقی - غربی در میان ارتفاعات، فرسایش شدیدی قبل از تشکیل لایه های قرمز نئوژن حاکم بوده است که در حوضه بین کوهی همراه با برونزد های پالئوژن انباشته شده اند. سنگ های نئوژن شواهد رسوبی از حوادث در هنگام بالازدگی تجدید شده پی سنگ های مرتفع را نشان می دهند که شامل حوادث شدید فشارشی که منطقه را تحت تاثیر قرار داده است، می شوند. این حوادث به دلیل گسل خوردگی معکوس گسترده بوده است که نتیجه بالازدگی تند و ناگهانی ارتفاعات پی سنگ که از گراول های پلیستوسن قدیمی تغییر شکل نیافته متمایز است، می باشد. منطقه طالقان فعالیت های تکتونیکی بسیاری داشته است و تعداد گسل های بزرگ موجود در منطقه این موضوع را تایید می کند، اما این گسل ها و زلزله های به وجود آمده تاثیر زیادی بر زمین لغزش های منطقه نداشته است. به عبارت دیگر ساختارهای زمین شناسی از عوامل اصلی زمین لغزش ها در منطقه نبوده اند. در شکل (7) گسل های مهم منطقه دیده می شوند.



شکل 7: نقشه گسل های منطقه (قسمتی از نقشه گسل های استان تهران با مقیاس 1020111)

در محدوده مورد مطالعه دو تیپ رسوبی دیده می شوند، نوع سخت شده متشکل از لایه های گل‌سنگ و ماسه سنگ و کنگلومرا مربوط به سازند

قرمز فوقانی و نوع سست متشکل از رسوبات سست برجای روی این سنگ ها و آبرفت بستر رودخانه هستند. لایه های سنگی سازند قرمز فوقانی به طور هم شیب روی هم قرار گرفته اند. گلسنگ ها و ماسه سنگ ها نازک لایه و به صورت خرد شده دیده می شوند به طوری که سیستم درزه خاصی در آن تشخیص داده نمی شود. در داخل رودخانه و بستر آن گسلی وجود دارد که احتمالاً نقش مهمی در به وجود آمدن رودخانه داشته است. با توجه به این که لایه های کنگلومرا و گلسنگ در جناح راست رودخانه نسبت به تراز ارتفاعی این لایه ها در جناح چپ رودخانه پایین تر است لذا ساز و کار این گسل نرمال بوده و شیب آن به سمت شرق می باشد. این گسل با قرار گرفتن در بستر رودخانه باعث پایین افتادن جناح راست رودخانه نسبت به جناح چپ آن شده است. این گسل نقش منفی در منطقه نداشته است و حتی می توان از آن به عنوان عامل بازدارنده زمین لغزش یاد کرد، چرا که این گسل با عمل خود لایه های گلسنگ و بالطبع رسوبات رسی و ریزدانه حاصل از فرسایش این سنگ ها را به ترازهای پایین تر انتقال داده است و لذا در جناح راست رودخانه زمین لغزش مشکل سازی به وجود نیامده است.



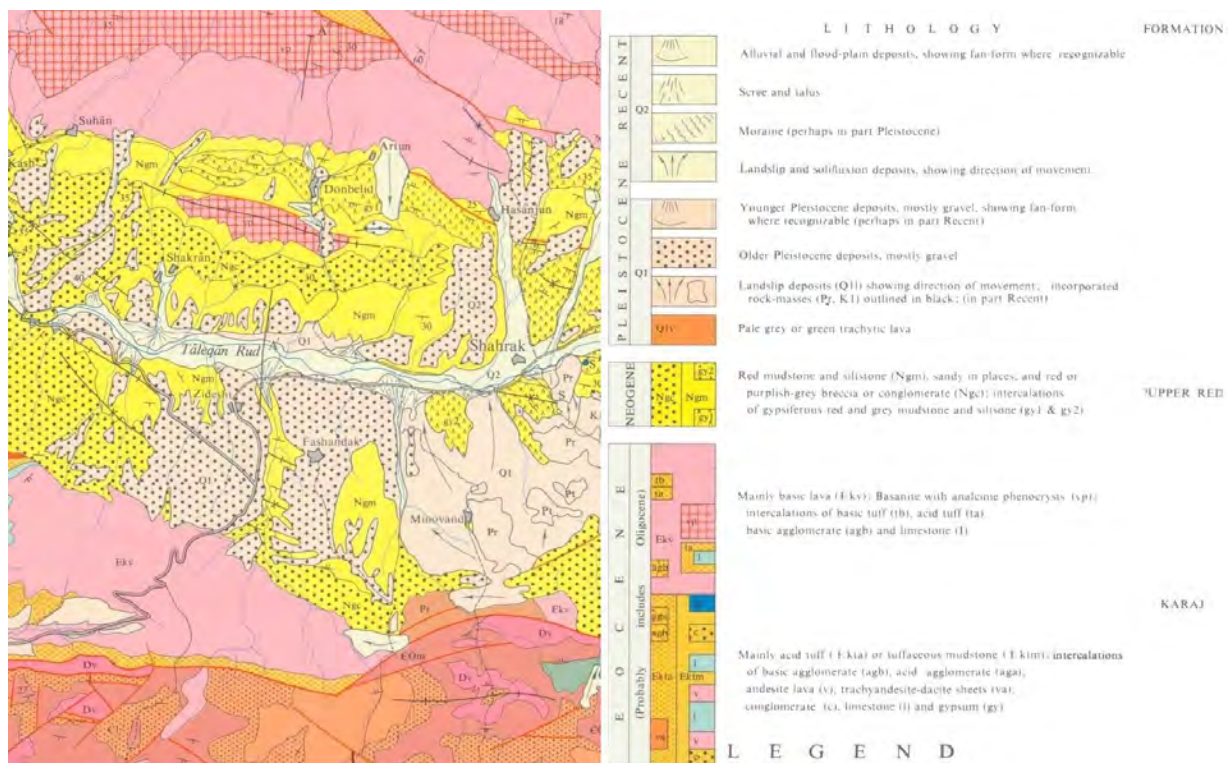
شکل 8: وجود گسل نرمال در کف آبراهه باعث پایین رفتن تناوب گلسنگ ها و ماسه سنگ ها در جناح راست نسبت به جناح چپ شده است (دید به سمت جنوب)

## 5- چینه شناسی ناحیه مورد نظر

لیتولوژی غالب حوضه رودخانه طالقان رود را نهشته های جوان دوران سوم و عهد حاضر تشکیل داده اند. در ادامه به تشریح ستون چینه شناسی حاکم بر منطقه از قدیم به جدید پرداخته می شود: نهشته های پالئوژن (سازند کرج) شامل دو قسمت اصلی است، بخش پایینی را بیش از 3555 متر توف و رسوبات توفی در بردارنده آهک نومولیتی تشکیل می دهند، بخش بالایی بالغ بر 2555 متر بیشتر جریان گدازه بازالتی سطحی است که احتمالاً سن ائوسن بالایی تا الیگوسن را دارند. توف های اسیدی سبز روشن پایینی در رده داسیتی قرار می گیرند؛ به طرف شمال و شمال شرقی توف های آهکی رسی غلبه می یابند. در شمال کنگلومرا وجود دارد که حدس زده می شود در مجاورت کناره های حوضه قرار می گیرد. روانه اسیدی احتمالی در نزدیکی زیاران با آگلومراها نمایان می شود. به طرف بالا توف و آثار پسروی دریا با یک لایه ژئوپس نودولار با ضخامت بیش از 155 متر مشاهده می شود. توف ها از میان یک زون انتقالی باریک به قطب گدازه بالایی منتقل می شوند. اغلب گدازه های بازالت



تیره، تیپ های بازانیت و آندزیت با تکیه بر لابرادوریت، اوژیت و فنوکریست های تجزیه شده الیوین هستند. سکانسی از جریان های نازک بازانیت، غنی از فنوکریست های درشت آنالسیم در اطراف طالقان در حدود میانه قطب گدازه ای اتفاق می افتد. سرباره کف قرمز اغلب به وسیله ژئولیت پر شده است، معمولاً از این سطح تا بالای سکانس وجود دارند. گروه دایک های بازی در کوه البرز شاید مهمترین سیستم تغذیه کننده این گدازه ها باشند، برای مثال، خروجی های فورانی مرکزی زیادی که احتمالاً با اجتماع جریان های نازک بازالت به همراه آگلومرای بازیگ به وجود آمده اند، مانند شمال امیرنان در طالقان غربی، دیده می شوند. این تشکیلات آذرین از اهمیت بسیار زیادی در منطقه مورد مطالعه برخوردارند و می توان از آنها به عنوان منبع قرصه سنگی مورد نیاز جهت دیوارهای سنگچین استفاده کرد.



شکل 9: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (قسمتی از چهارگوش 1011111 شکران، سازمان زمین شناسی کشور)

نهشته های نئوژن (لایه های قرمز نئوژن) با ضخامت بیش از 2555 متر بین ارتفاعات واقع در حوضه های الموت و طالقان را پوشانیده است. این رسوبات شامل کنگلومرا، برش و رسوبات سست ریز و رسوبات درشت دانه بیانگر امتداد یافتن مخروط افکنه ها در طول حاشیه های حوضه است، در صورتی که رسوبات ریزتر در پلایا و دریاچه های فصلی موقت رسوب کرده اند. ژئوپس نودولار با منشاء رسوبی مرز گل سنگ پایینی هر دو حوضه را تشکیل می دهد و اغلب در بالاترین بخش سکانس طالقان قرار دارد. در جناح دشت قزوین، دو نسل شن های پلیوستوسن دیده می شود، مورد جوان تر یک فرم مخروط افکنه خوب حفظ شده است. نسل قدیمی تر این شن ها به طور مفصل در ادامه بحث شده است. در گودی های الموت و طالقان، تراس های شن در سطوح مختلف متعدد مرتب شده اند و عموماً با سطوح فرسایش یافته منطبق شده با سنگ های زیرین انعکاس می یابند. یک چنین سطحی

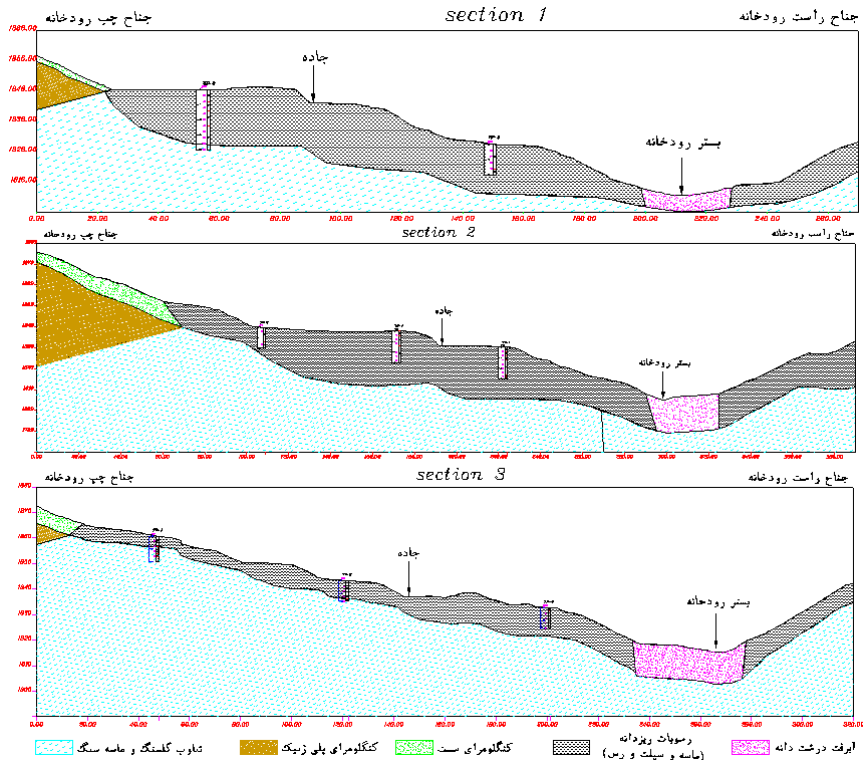


در محلی به نام معدن در نزدیکی سمت جنوب گودی الموت قابل مشاهده می باشد که در آن یک گدازه تراکیتی که از یک مخروط آتشفشانی کوتاه در جناح غربی کوه البرز بیرون آمده و حمل شده است. سطح فرسایش دیگری نیز در شیار طالقان با ته نشست رسوبات واریزه ای وسیع حمل شده، دیده می شود، این رسوبات به وسیله تراس های شنی پلیوستوسن پوشیده شده اند. جنوب شهرک طالقان توده های آهک پرمین و مزوزوئیک بالغ بر یک کیلومتر مربع در رسوبات واریزه ای ثبت شده است و احتمالاً از زون گسلی جنوب طالقان حمل شده اند. نهشته های (رسوبات) عهد حاضر شامل رسوبات آبرفتی و مخروط افکنه ای در گودی های الموت و طالقان و دشت قزوین است که اغلب از سنگ ریزه و واریزه های پای دامنه ای تشکیل شده اند. این رسوبات بیشتر در توده های مسیر علم کوه و رسوبات یخچالی (مورن ها) روی علم کوه و کوهستان های البرز قرار دارند. هرچند یخچال های رشته کوه البرز به مدت طولانی فعال نیستند، با این حال بعضی از رسوبات یخچالی علم کوه، توسط یخچال های کوچک، به وسیله شکاف های یخی بالادست آنها تغذیه می شوند. ضخامت گل سنگ در تناوب ها بیشتر است و رنگ رسوبات به خصوص در واریزه ها بیشتر به صورت قرمز تیره دیده می شود. برونزد این سنگ ها در ترانشه کنار جاده نزدیک پلی که روی آبراهه احداث شده، به خوبی دیده می شود. گلسنگ ها مقاومت بسیار کمی دارند و ماسه سنگ ها نفوذپذیری متوسطی دارند، اما این رسوبات در کنار هم نفوذپذیری کمی دارند. کنگلومرای پلی ژنیک سخت شده به طور هم شیب بر روی واحد تناوب گلسنگ و ماسه سنگ قرار گرفته است. این کنگلومرا از قطعات مختلف آذرین مانند آندزی بازالت، دیاباز، توف و سنگ های آذرین دیگر و به میزان کمتری آهک و دیگر سنگ های رسوبی با زمینه ماسه ای و سیمان سیلیسی تشکیل شده است. قطعات این کنگلومرا گردشگی خوبی دارند اما گردشگی آنها ضعیف است. کنگلومرای مذکور نسبتاً خوب سیمانی شده است اما به علت اینکه سیمان آن سست است و دیاژنز کاملی نداشته است لذا دارای مقاومت متوسطی است. این کنگلومرا در هر دو جناح آبراهه وجود دارد اما بخش های سطحی آن در اثر عوامل فرسایشی به رسوبات سست تبدیل شده است و به صورت کنگلومرای سست دیده می شود. این نوع کنگلومراها دارای سیمان از نوع سیلیسی یا آهکی بوده و به دلیل اتصال سست بین دانه ها سنگ دارای مقاومت پایین است. همچنین در اعماق کم به دلیل شسته شدن سیمان در حد قابل توجهی از مقاومت آنها کاسته شده است. برونزدهای سنگی این واحد به قسمت هایی از آبراهه های فرعی جناح چپ رودخانه محدود شده است که توسط جریان آب رسوبات سست کنار رفته اند. این سنگ های کنگلومرای لایه بندی متوسط تا ضخیم دارند و مانند واحد قبلی امتداد آنها شمالی - جنوبی بوده و حدود 15 درجه به سمت غرب شیب دارند. یک مقطع تیپ از سنگ های رسی و ماسه ای و نحوه قرارگیری کنگلومرای پلی ژن روی آنها در جناح راست رودخانه روی ترانشه کنار جاده بعد از پل جاده روی رودخانه مشاهده می شود.



شکل 11: الف- برونزد سنگ های متناوب گلسنگ و ماسه سنگ در نزدیکی محل پل جاده روی آبراهه داخل محدوده ب- مرز بین دو واحد کنگلومرا و تناوب گلسنگ و ماسه سنگ ج- تصویری از برونزد کنگلومرای پلی ژنیک (به ترتیب از چپ به راست)

کنگلومرای سست منشا رسوبات سست عهد حاضر فرسایش دو واحد کنگلومرا و سنگ های ریزدانه می باشد که بیشتر به صورت برجها هستند. در ترازهای بالاتر جناحین رودخانه رسوبات سست کنگلومرای قرار دارند که از فرسایش واحد کنگلومرا به وجود آمده اند. قسمت اعظم این رسوبات را شن تشکیل می دهد که مصالح ریزدانه نیز با خود دارند به طوری که می توان آنها را در رده شن رس دار قرار داد. این رسوبات مستعد لغزش نیستند و با وجود شیب زیاد آن ها زمین لغزشی در آنها دیده نمی شود. رسوبات ریزدانه در ترازهای پایینی جناحین به خصوص اطراف جاده تا کناره های رودخانه رسوبات ریزدانه سست حاصل از سنگ های ماسه ای و گلسنگ ها وجود دارند که مقداری شن حاصل از واحد کنگلومرا با این رسوبات مخلوط شده اند. این رسوبات بیشتر به رنگ قرمز دیده می شوند و می توان آنها را در رده سیلت و رس شن دار قرار داد. نفوذپذیری این رسوبات پایین است. این رسوبات به دلیل رس فراوان استعداد خوبی برای لغزش دارند و زمین لغزش های موجود در محدوده داخل این رسوبات اتفاق افتاده است. بستر رودخانه آبرفتی است و آبرفت آن از قطعه سنگ و شن تشکیل شده است و ریزدانه کمی با خود دارند. این قطعات از ارتفاعات بالادست رودخانه منشاء گرفته اند و اکثریت آنها جنس آذرین دارند. کنگلومرای پلی ژنیک موجود در منطقه سهم بسزایی در رسوب زایی آبرفتی منطقه ایفا می کند. این رسوبات مقاومت بالایی در برابر فرسایش دارند و نفوذپذیری آنها نیز زیاد است. جنس سنگ دانه های آن به دلیل آذرین بودن از کیفیت خوبی برخوردار است. از این مصالح می توان در صورت لزوم به عنوان منابع قرصه درشت دانه استفاده کرد. این مصالح در تراز پایدار کف آبراهه قرار گرفته اند و به لحاظ ذاتی نیز به دلیل وجود ذرات درشت و اصطکاک زیاد بین آنها، مستعد لغزش نیستند.



شکل 11: مقطع زمین شناسی در طول 3 پروفیل انتخابی از توده لغزشی

## 6- زمین شناسی پروفیل های انتخابی روی توده لغزشی

برای بررسی دقیق عمق و نوع رسوبات و تعیین مشخصات دقیق حرکت توده لغزشی حفاری های ژئوتکنیکی در امتداد سه پروفیل انتخابی در طول توده لغزشی انجام شده است که مقاطع زمین شناسی در طول این سه پروفیل رسم شده و در شکل (11) ارائه شده است. همانطور که در مقاطع زمین شناسی مشاهده می شود، ابتدا در دامنه جناح چپ سنگ های کنگلومرایی با شیب حدود 15 درجه به سمت غرب و امتداد شمال - جنوب قرار گرفته اند که در سطح زمین هوازده شده است. عمق هوازدهی از 1 تا حدود 5 متر تغییر می کند. در آبراهه های موجود در دامنه به دلیل حمل رسوبات سست توسط آب و فرسایش، قسمتی از لایه های کنگلومرا برونزد یافته و به صورت لکه های سنگی در دامنه دیده می شوند. پایین تر از سنگ ها و رسوبات سست کنگلومرایی با یک تغییر شیب و کم شدن شیب محسوس، رسوبات ریزدانه سیلت و رس جای گرفته اند که در عمق های کم با مقداری شن حمل شده از ترازهای بالاتر دامنه مخلوط شده و به صورت سلت و رس همراه با شن دیده می شوند. در زیر این رسوبات سست، تناوبی از سنگ های نازک لایه و هوازده گلشنک و ماسه سنگ وجود دارد که به نظر می رسد رسوبات سست ریزدانه حاصل هوازدهی این سنگ ها باشند. با توجه به این که لغزش در رسوبات ریزدانه سیلت و رس همراه با شن اتفاق افتاده است، لذا می توان گلشنکها و ماسه سنگ ها را به عنوان سنگ کف و بستر لغزش در نظر گرفت. عمق این سنگ ها در نقاط مختلف تغییر می کند به طوری که در قسمت های از ترانشه های کنار جاده برونزد های این سنگ ها دیده می شود و در عمق 7 متری چاهک حفر شده گلشنک دیده می شود. عمق سنگ بستر در محل گمانه حفاری شده در حدود 18 متر و به صورت هوازده می باشد و در بقیه چاهک ها و گمانه های حفر شده سنگ بستر نمایان نشده است لذا می توان گفت که عمق این سنگ

ها در بیشتر نقاط توده لغزشی بیشتر از 15 متر می باشد. با نزدیک شدن به بستر رودخانه رسوبات درشت دانه شن ماسه دار همراه با قطعات بولدر شروع می شوند و این رسوبات بستر رودخانه را پوشانده اند. در اکثر نقاط حاشیه ای کنار بستر رودخانه تبدیل رسوبات ریزدانه دامنه به رسوبات درشت بستر ناگهانی است و با مرز مشخصی دیده می شود. رسوبات ریزدانه پاشنه جناحین به وسیله آب شسته می شوند و از حد مشخصی تجاوز نمی کنند.



شکل 12: حفاری در دامنه ها و تاثیر احداث جاده و ایجاد لغزش بر روی دامنه ها

## 7- نتیجه گیری

### مراحل انجام مطالعات

برای شناخت مشخصات و علل وقوع زمین لغزش، تاثیرات اجتماعی و اقتصادی آن، بررسی شرایط هواشناسی و هیدرولوژی، زمین شناسی، ژئوتکنیکی، لرزه خیزی و در نهایت تحلیل پایداری و ارائه طرح تثبیت زمین لغزش طالقان مراحل مختلفی طی شده است. مهم ترین مراحل مطالعات به شرح زیر بوده است:

جمع آوری اطلاعات، آمار، نقشه ها و عکس های هوایی منطقه و بررسی آنها

بازدید های صحرایی

مطالعات ژئومورفولوژی و توپوگرافی

تهیه نقشه توپوگرافی محدوده لغزش و پیرامون آن با مقیاس های

1:255 و 1:1555

مطالعات هواشناسی و هیدرولوژی

مطالعات پوشش گیاهی و کاربری اراضی

مطالعات اقتصادی - اجتماعی

مطالعات زمین شناسی

مطالعات ژئوتکنیک

تحلیل پایداری

تهیه طرح های تثبیت و پایدارسازی

1- جنس مصالح تاثیر مهمی در وقوع زمین لغزش دارد. سنگ هایی مثل شیل به آسانی هوازده شده و در حضور آب دچار افت شدید مقاومت

می‌شوند. خاک‌های شیلی به وجود آمده در حضور آب یک بستر لغزنده را پدید آورده و حتی تحت شیب‌های کم هم ممکن است دچار ناپایداری شود. در توده لغزشی مورد بررسی جنس مصالح تاثیر مستقیم در وقوع زمین لغزش دارد. جنس مصالح درگیر زمین لغزش مورد مطالعه شامل رسوبات سست ریزدانه هستند که پوششی از 5 تا بیشتر از 25 متر را روی سنگ بستر ایجاد کرده است. این رسوبات از فرسایش گلسنگ‌ها و ماسه سنگ‌های سنگ بستر پدید آمده‌اند که در حضور آب مقاومت برشی آنها به شدت کم می‌شود. لذا وجود این مصالح زمینه لغزش را فراهم می‌کند. سنگ‌های مذکور نیز به دلیل خردشدگی و نازک لایه بودن مستعد لغزش هستند. در توده لغزشی واقع شده در داخل محدوده مورد نظر، جنس مصالح از عوامل اصلی ایجاد و کنترل این لغزش بوده است. در محدوده مورد بررسی مصالح درگیر لغزش عمدتاً ریزدانه هستند. مصالحی که در متن توده لغزشی قرار گرفته‌اند شامل مصالح سیلت و رس همراه با شن می‌باشند. خاک‌های رسی به دلیل خصوصیات کانی‌شناسی خود استعداد بسیار زیادی برای لغزش دارند و در شرایط مناسب شیب و رطوبت به آسانی شروع به حرکت می‌نمایند.

2- عوامل طبیعی از قبیل لیتولوژی، جریان آب در بستر رودخانه و زمین لغزش‌ها و غیره تغییراتی در منطقه به وجود آورده‌اند، اما سهم عوامل مصنوعی مثل احداث باغ و مخصوصاً احداث جاده در این تغییرات بیشتر بوده است و خود عاملی برای تشدید تاثیر عوامل طبیعی نیز محسوب می‌گردد. با احداث جاده در قسمت میانی دامنه‌ها، خاکبرداری، بارگذاری و لرزش‌های ایجاد شده توسط وسایل نقلیه؛ علاوه بر اینکه خودش مستقیماً مورفولوژی زمین را تغییر داده است، با تغییرات ثقلی در دامنه‌ها باعث افزایش محسوس سرعت حرکت زمین لغزش‌ها شده است. احداث باغ به طور طبیعی عاملی برای تثبیت خاک به شمار می‌رود، چرا که ریشه درختان مانعی در برابر حرکت خاک محسوب می‌شوند. اما در این محدوده با توجه به شیب دامنه‌ها و عمق توده‌های حرکت کرده لغزشی، افزایش رطوبت خاک با آبیاری باغ‌های موجود می‌تواند عاملی برای سرعت بخشیدن به حرکت توده‌های لغزشی باشد. به نظر می‌رسد حفاری در دامنه عامل اصلی سرعت یافتن لغزش بوده است و عوامل دیگر نقش کمکی داشته‌اند.

3- آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین عوامل شروع و ادامه حرکات دامنه‌ای است. اضافه شدن آب به معنی افزایش وزن توده خاک است که خود می‌تواند نقش منفی در پایداری داشته باشد. به طور کلی فشار آب منفذی باعث کاهش تنش عمودی موثر بر سطح گسیختگی و به عبارت دیگر کاهش مقاومت برشی خاک می‌گردد. در سنگ‌های درز و شکاف دار نیز عامل ناپایداری نه مقدار آب بلکه میزان فشار آب منفذی است. نقش فشار آب منفذی در ناپایداری خاک‌ها بیشتر از مقدار آب است. آگاهی از نحوه زهکشی توده لغزشی و دامنه‌ای که در آن لغزش به وقوع پیوسته است نه تنها در پی بردن به علت حرکت حائز اهمیت است، بلکه در پیش‌بینی حرکات آتی و چاره‌جویی نیز مؤثر می‌باشد. آب عامل مؤثری در هوازدگی فیزیکی و شیمیایی سنگ‌ها است و با پیشرفت هوازدگی مقاومت سنگ‌ها کاهش می‌یابد. علاوه بر آن ترک‌ها و شکاف‌ها با عبور آب فراخ‌تر می‌شوند. در محدوده مورد نظر چشمه‌ای دیده نمی‌شود، اما در مواقع بارندگی آبراهه‌های فرعی آب را به سمت توده‌های لغزشی هدایت کرده و باعث افزایش رطوبت خاک در این محل‌ها می‌شود. برای

- آبیاری باغ های واقع شده در محل لغزش از نهر سنتی آب که از بالادست رودخانه آبیگری می کند، استفاده می شود. مرطوب بودن آب و هوا مخصوصاً در فصول بارندگی منطقه سطح آب زیرزمینی بالایی دارد. بالا آمدن سطح آب زیرزمینی باعث سرعت بخشیدن به حرکات لغزشی می گردد. حرکت های لغزشی بعد از بارندگی های مداوم روی می دهد. مکانیسم تاثیر آب در ایجاد لغزش، کاهش مقاومت برشی به دلیل نرم شدن خاک و افزایش فشار آب منفذی است. در قسمت هایی که سطح دامنه قدری شیب بیشتری داشته باشد در اثر افزایش رطوبت و افزایش وزن توده می تواند دچار گسیختگی و حرکت می شود. یکی از آثار مهم آب در ناپایداری شیب های سنگی و خاکی، تجمع آب در شکاف های موجود در تاج و حوالی آن است. در چنین شرایطی یک مولفه نیروی وزن آب به عنوان نیروی محرک لغزش به سایر نیروهای محرک افزوده می شود. در واقع ستون آب موجود در درزه های کششی نزدیک تاج یک نیرو در جهت لغزش ایجاد می کند. این مسئله در محدوده لغزشی مورد مطالعه و به خصوص در محل تاج لغزش های فرعی در مواقع بارندگی به وفور دیده می شود.
- 4- زلزله یکی از عوامل مهم در به وجود آوردن بارهای دینامیکی است که می تواند بارهای دینامیکی با مولفه های در جهت قائم و افقی به وجود آورده و تعادل یک توده لغزشی را به هم بزند. با توجه به این که شاهدی در سوابق موجود در آرشیو اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری و مراجع دیگر مبنی بر دخالت زلزله در ایجاد زمین لغزش های موجود نیست، زلزله عامل لغزش نبوده است. با این حال همیشه زلزله ها می توانند باعث تحریک یک زمین لغزش برای فعالیت و حرکت باشند. لذا می توان گفت که زلزله و فعالیت لرزه ای می تواند یکی از عوامل تحریک کننده زمین لغزش مورد مطالعه و فعالیت و حرکت آن در آینده باشد.
- 5- عامل دیگر در حرکات دامنه ها نقش ساختارهای زمین شناسی مثل گسل ها، سطوح لایه بندی، درز و شکاف است. در شرایطی که در یک توالی از سنگ های رسوبی، شیب لایه ها به سمت داخل دامنه باشند، دامنه پایدارتر از حالتی است که شیب لایه ها به سمت خارج دامنه است. در حالت اول، گسیختگی در صورت غلبه نیروهای رانشی بر مقاومت سنگ و خاک موجود انجام می شود. در صورتی که در حالت دوم، عامل موثر در ناپایداری، مقاومت برشی سطوح لایه بندی است و مقاومت سنگ نقش چندانی ندارد. هر عاملی که گسیختگی به وجود آورد نیز از عوامل ناپایدارکننده به حساب می آید. در مجموع عوامل ساختاری تاثیر اندکی نسبت به عوامل ژئوتکنیکی در شروع و ادامه فعالیت لغزش دارند.

## مراجع

- [1] گزارش نتایج عملیات و آزمایشات ژئوتکنیک زمین لغزش طالقان، شرکت مهندسی مشاور پژوهش عمران راهوار، 1388
- [2] نقشه توپوگرافی زمین لغزش منطقه به مقیاس 1:255 و 1:1555، سازمان زمین شناسی کشور
- [3] نقشه و عکس های هوایی منطقه به مقیاس 000111، سازمان نقشه برداری کشور
- [0] نقشه توپوگرافی برگه آبیگ به مقیاس 005111، سازمان نقشه برداری کشور



دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

International Conference on Civil Engineering  
Architecture & Urban Sustainable Development  
18&19 December 2013, Tabriz, Iran



- [5] نقشه زمین شناسی چهارگوش شکران به مقیاس 00011111، سازمان زمین شناسی کشور
- [6] گزارش نتایج آمار و اطلاعات هواشناسی و بارندگی منطقه طالقان، شرکت مهندسی مشاور یکم، 1388
- [7] زمین شناسی ساختمانی، نوشته دکتر احمد ادیب و دکتر محسن پورکرمانی، 0330
- [3] زمین شناسی ایران، نوشته دکتر علی درویش زاده، 0331
- [9] آمار و اطلاعات نفوس و مسکن کشور، 0331-0391